

Perbandingan Simpanan Karbon pada Beberapa Penutupan Lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur Berdasarkan Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanahnya

The Comparison of Carbon Stocks on Some Land Cover at Paser, East Kalimantan Based on Its Soil Physical and Soil Chemical

Lilik Sugirahayu¹ dan Omo Rusdiana¹

¹Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRACT

Forest has a lot of direct and indirectly benefits for life. Direct benefits of forest are timber, non timber forest products and wildlife/fauna. While, indirect benefits of forest are the environment services as the hydrology regulator, aesthetic function, producer of oxygen and carbon absorber. Forest is the largest carbon absorber (sinks) and having an important part in the global carbon cycles, however forest can also produce a carbon emission (source). Forest ecosystem has ability to absorb and store different kinds of carbon even in the natural forest, mangrove, swamp, forest plantation and at the folk's forest. The differences of carbon sinks are influenced by number and tree density, trees species, biotic factors which consist of radiation, humidity, temperature and soil fertility which affect the rate of photosynthesis. The land fertility was determined by soil physical, soil chemical, and soil biological. Therefore, this research aims to compare carbon stocks on some land cover based on its soil physical and soil chemical.

The research was performed at some lands coverings of Paser, East Kalimantan in January to July 2011. Data was processed and analyzed in the Forest Influence Laboratory, Department of silviculture, Faculty of Forestry, Bogor Agriculture University and Land Laboratory, Land Research Hall. Measurement of biomass and carbon sinks were performed by using the diameter data of stand and height in each land covering. Analysis of soil physical temper (texture and soil bulk density) and soil chemical (pH, CEC, Ratio of C/N, P, K, Ca, and Mg) were performed to disturbed and undisturbed soils.

The result of research showed that mangrove forest had the greatest carbon sinks, that was 51.5031 tons/hectares. While, the lowest carbon sinks was on the palm oil plantation for 0.1046 tons/hectares. From soil analysis result was known that swamp forest tended to be more fertile compared with other land coverings. Whereas, palm oil plantation and agroforestry is indicated the lower of land fertility. The raising of soil physical and soil chemical's value increase the carbon stocks on each land cover, exception of bulk density that decrease the carbon stocks. The result analysis correlation showed in insignificant value, its indicated by the value of r^2 less than 99%(0,99) or 95%(0,95). Need to research about estimation carbon stocks on the other land cover, and compare the carbon stocks based on the other land characteristics, as topography and climate.

Keywords : forest, carbon sink, soil physical, soil chemical

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan hutan tropis terluas ketiga di dunia. Hutan memiliki banyak manfaat bagi kehidupan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Manfaat secara langsung dari hutan adalah kayu, hasil hutan non kayu, dan satwa. Sedangkan manfaat hutan secara tidak langsung berupa jasa lingkungan sebagai pengatur tata air, fungsi estetika, penyedia oksigen, dan penyerap karbon.

Hutan merupakan penyerap karbon (*sink*) terbesar dan berperan penting dalam siklus karbon global, akan tetapi hutan juga dapat menghasilkan emisi karbon (*source*). Hutan dapat menyimpan karbon sekurang-kurangnya 10 kali lebih besar dibandingkan dengan tipe vegetasi lain seperti padang rumput, tanaman semusim, dan tundra. Hutan alam menyimpan karbon terbesar, yaitu berkisar antara 7,5 – 264,70 ton C/ha.

Meningkatnya kandungan karbon dioksida (CO₂) di udara akan menyebabkan kenaikan suhu bumi yang terjadi karena efek rumah kaca. Panas yang dilepaskan dari bumi diserap oleh karbon dioksida di udara dan dipancarkan kembali ke permukaan bumi, sehingga proses tersebut akan memanaskan bumi. Keberadaan ekosistem hutan memiliki peranan penting dalam mengurangi gas karbon dioksida yang ada di udara melalui pemanfaatan gas karbon dioksida dalam proses fotosintesis oleh komunitas tumbuhan hutan (Indriyanto 2006). Ekosistem hutan memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan karbon berbeda-beda baik di hutan alam, hutan tanaman, hutan payau, hutan rawa maupun di hutan rakyat. Hal ini dipengaruhi oleh jenis pohon, tipe tanah, dan topografi (Masripatin *et al.* 2010).

Tanah hutan merupakan tempat pembentukan humus yang utama dan tempat penyimpanan unsur-unsur mineral yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan akan mempengaruhi komposisi dan struktur vegetasi hutan

yang dibentuk. Kesuburan tanah dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, baik sifat fisik maupun sifat kimia tanah. Penyimpanan karbon akan lebih besar jika kondisi kesuburan tanahnya baik (Hairiah 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan simpanan karbon pada beberapa penutupan lahan yang ada di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia tanahnya.

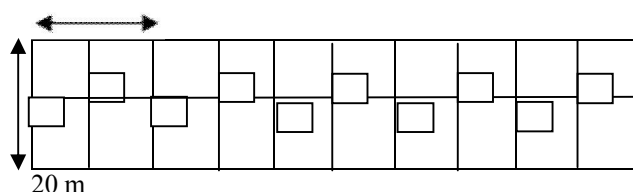
Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi dan perbandingan karbon tersimpan pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur sehingga menjadi pertimbangan dalam menangani masalah perubahan iklim.

BAHAN DAN METODE

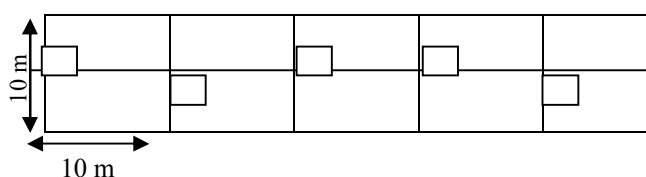
Waktu dan tempat. Pengambilan data dilakukan pada bulan Januari-Februari 2011 di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Pengolahan dan analisis data dilakukan pada bulan Mei-Agustus 2011 di Laboratorium Pengaruh Hutan, Departemen Silvikultur dan Laboratorium Tanah, Balai Penelitian Tanah Bogor.

Alat dan Bahan. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta penutupan lahan Kabupaten Paser, kompas, GPS, pita meter, patok, *haga hypsometer*, kertas label, tali rafia, kantong plastik, golok, timbangan, oven, alat dokumentasi, alat tulis, koran, ring tanah, dan bor tanah.

Pembuatan Petak Penelitian. Petak penelitian dibuat pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur yang terdiri dari hutan sekunder, hutan mangrove, hutan rawa, kebun campuran (agroforestri), dan perkebunan kelapa sawit. Petak hutan sekunder, kebun campuran, dan kebun kelapa sawit dibuat berukuran 20 m x 20 m pada jalur sepanjang 100 m dan lebar 20 m. Sedangkan pada hutan mangrove dan hutan rawa petak dibuat berukuran 10 m x 10 m pada jalur sepanjang 50 m dan lebar 10 m. Di dalam petak tersebut dibuat petak kecil berukuran 1 m x 1 m untuk analisis vegetasi tumbuhan bawah.



Gambar 1. Desain petak penelitian di hutan alam, agroforestri, dan perkebunan kelapa sawit



Gambar 2. Desain petak penelitian di hutan mangrove dan hutan rawa

Pengukuran Tinggi dan Diameter. Pengukuran dilakukan pada pohon yang sehat dengan ukuran diameter minimal 5 cm. Keliling batang pohon diukur dengan menggunakan pita meter, sedangkan tinggi pohon diukur dengan menggunakan haga.

Pengambilan contoh tumbuhan bawah. Semua tumbuhan bawah di atas permukaan tanah yang terletak di dalam petak contoh ukuran 2 m x 2 m diambil secara destruktif dan ditimbang berat basah (BB). Tumbuhan bawah meliputi semak belukar, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Untuk mendapatkan data berat kering (BK) tumbuhan bawah dioven pada suhu 105° C selama 24 jam.

Pengambilan contoh tanah. Contoh tanah terusik dan tidak terusik diambil di dalam jalur petak pada setiap penutupan lahan. Contoh tanah terusik diambil dari suatu tubuh tanah. Contoh tanah diambil pada kedalaman tanah 0-20 cm atau setinggi mata bor tanah. Contoh tanah tidak terusik diambil dari suatu tubuh tanah dengan meminimumkan perubahan/kerusakan pada bentuk alamnya pada. Pengambilan contoh tanah tidak terusik dilakukan dengan menggunakan ring tanah.

Analisis tanah. Analisis fisik tanah dilakukan untuk mengetahui tekstur dan *bulk density* (bobot isi) tanah. Tekstur tanah dianalisis dengan metode pipet. Sedangkan penetapan *bulk density* tanah dilakukan dengan menggunakan metode gravimetris.

Analisis kimia tanah dilakukan dengan metode pH meter untuk parameter pH, NH₄OAc N pH 7, titrasi untuk KTK, Walkley and Black untuk C-organik, Kjeldahl untuk N total, Olsen and Bray 1 untuk P tersedia, Morgan untuk K tersedia, dan NH₄OAc N pH 7, AAS untuk parameter Ca dan Mg.

Analisis Data. Penghitungan biomassa dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan allometrik yang digunakan

Penutupan Lahan	Rumus allometrik	Sumber
Hutan sekunder	$Y = 21,297 - 6,953D + 0,740D^2$	Brown 1997 dalam Sutaryo 2009
Hutan mangrove	$Y = 0,2064 D^{2,34}$	Dharmawan dan Siregar 2009 dalam Masripatin <i>et al.</i> 2010
Hutan Rawa	$Y = 0,19 D^{2,37}$	Istomo 2002 dalam Hairiah <i>et al.</i> 2004
Agroforestri	$Y = 0,2902 D^{2,313}$	-
Kelapa sawit	$Y = 0,0976T + 0,0706$	ICRAF 2009 dalam Hairiah <i>et al.</i> 2011

Data hasil perhitungan karbon dan analisis sifat-sifat tanah selanjutnya dianalisis menggunakan program SPSS 16. Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh sifat fisik dan kimia tanah terhadap jumlah simpanan karbon. Persamaan umum korelasi antara peubah Y (simpanan karbon) dan peubah X (parameter sifat fisik dan sifat kimia tanah) adalah sebagai berikut :

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Dimana r = koefisien korelasi, dengan nilai r dari -1 hingga +1; Y = simpanan karbon; X = parameter sifat fisik dan sifat kimia tanah; dan n = jumlah sampel yang digunakan (Walpole 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penutupan Lahan

Berdasarkan penafsiran terhadap citra landsat peta Kabupaten Paser, Kalimantan Timur diketahui luasan masing-masing penutupan lahannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Luas penutupan lahan kabupaten paser, kalimantan timur

No.	Jenis Penutupan Lahan	Luas (ha)
1	Hutan Primer	28.597,02
2	Hutan Sekunder	474.788,19
3	Kebun Campuran	118.090,81
4	Mangrove	61.686,56
5	Perkebunan	129.150,74
6	Pemukiman	5.130,63
7	Rawa	101.449,85
8	Sawah	1.418,30
9	Semak/belukar	119.854,88
10	Tambak/empang	19.757,43
11	Tanah terbuka	9.080,99
12	Tubuh air	12.172,66
13	Tegalan/lading	2.736,55
	Total	1.083.914,62

Tabel 2 menunjukkan bahwa Kabupaten Paser didominasi oleh hutan sekunder dengan luas 474.788,19 ha atau sekitar 43,8% dari luas wilayah. Secara keseluruhan luas hutan di Kabupaten Paser adalah 917.087 ha yang terbagi menjadi hutan lindung, cagar alam, hutan produksi terbatas, hutan produksi, dan Kawasan Budi daya Non Kehutanan (KBNK).

Karbon Tersimpan

Nilai karbon tersimpan merupakan akumulasi dari karbon tersimpan tegakan dan karbon tersimpan tumbuhan bawah pada masing-masing penutupan lahan.

Tabel 3. Karbon tersimpan pada beberapa penutupan lahan di kabupaten paser

No	Jenis Penutupan Lahan	C tersimpan (ton/ha)		
		Tegakan	Tumbuhan Bawah	Total
1	Hutan Sekunder	37,0277	0,2569	37,2846
2	Hutan Mangrove	51,5031	0,3587	51,8618
3	Hutan Rawa	38,4007	0,3730	38,7737
4	Agroforestri	36,3620	0,4796	36,8416
5	Perkebunan Kelapa Sawit	0,0569	0,0477	0,1046

Tabel 3 menunjukkan bahwa hutan mangrove memiliki simpanan karbon terbesar, yaitu sebesar 51,50 ton/ha. Sedangkan simpanan karbon terendah terdapat pada perkebunan kelapa sawit sebesar 0,06 ton/ha.

Kandungan karbon tersimpan pada hutan sekunder, hutan rawa, dan agroforestri memiliki kandungan karbon tersimpan yang tidak jauh berbeda, yaitu masing-masing sebesar 37,03 ton/ha, 38,40 ton/ha, dan 36,36 ton/ha.

Perbedaan simpanan karbon di masing-masing penutupan lahan dipengaruhi oleh jumlah dan kerapatan pohon, jenis pohon, faktor lingkungan yang meliputi penyinaran matahari, kadar air, suhu, dan kesuburan tanah yang mempengaruhi laju fotosintesis. Dari kegiatan inventarisasi tegakan yang dilakukan pada petak penelitian masing-masing penutupan lahan, diketahui bahwa hutan mangrove memiliki jumlah pohon yang lebih banyak dibandingkan penutupan lahan lainnya. Selain itu diameter pohonnya relatif lebih besar dan tinggi pohonnya relatif lebih tinggi. Hutan rawa memiliki rata-rata diameter paling besar, akan tetapi kerapatan pohonnya lebih rendah dibandingkan hutan mangrove. Pada perkebunan kelapa sawit, simpanan karbonnya sangat sedikit. Hal ini karena dengan jarak tanam yang lebar dalam rangka meningkatkan produktivitas buah, maka jumlah pohonnya lebih sedikit.

Tekstur tanah

Analisis tanah dengan metode menghasilkan tekstur tanah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Analisis Tekstur Tanah

No	Tipe Penutupan Lahan	Tekstur Tanah		
		Pasir(%)	Debu(%)	Liat(%)
1	Hutan Alam	5	48	47
2	Hutan Mangrove	48	25	27
3	Hutan Rawa	29	25	46
4	Agroforestri	26	43	31
5	Perkebunan Kelapa Sawit	28	38	34

Berdasarkan komposisi partikel tanah pada Tabel 4, tekstur tanah hutan alam adalah liat berdebu, hutan mangrove adalah lempung liat berpasir, hutan rawa adalah liat, agroforestri adalah lempung berliat, dan perkebunan kelapa sawit adalah lempung berliat. Tekstur tanah dapat mempengaruhi tingkat kesuburan tanah. Hal ini karena, tekstur tanah akan menentukan pori-pori tanah yang mempengaruhi siklus air dan udara di dalam tanah.

Tanah yang didominasi pasir akan banyak mempunyai pori-pori makro (disebut lebih poreus), tanah yang didominasi debu akan banyak mempunyai pori-pori meso (agak poreus), sedangkan yang didominasi liat akan banyak mempunyai pori-pori mikro atau tidak poreus. Tanah yang baik dicerminkan oleh komposisi ideal dari kedua kondisi ini, sehingga tanah bertekstur debu dan lempung akan mempunyai ketersediaan yang optimum bagi tanaman, namun dari

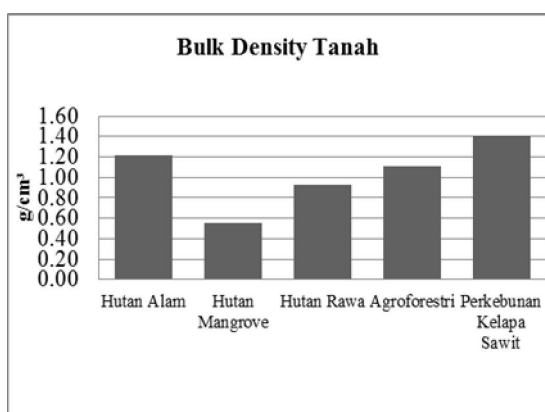
segi nutrisi tanah lempung lebih baik dibandingkan bertekstur debu (Hanafiah 2004). Agroforestri memiliki proporsi partikel tanah yang lebih seimbang dengan tekstur tanah lempung berliat.

Hutan alam memiliki proporsi liat dan debu terbesar, akan tetapi proporsi pasirnya sangat rendah. Hal ini akan menyebabkan tanah di hutan alam memiliki sistem aerasi dan drainase yang kurang optimal. Aerasi dan drainase akan mempengaruhi proses sirkulasi air, udara, dan hara di dalam tanah. Namun, dengan kandungan pasir yang rendah tanah hutan alam dapat menyimpan air lebih baik sehingga tidak mudah terjadi erosi. Berbeda dengan hutan alam, tanah hutan mangrove memiliki proporsi pasir paling besar. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan mangrove yang tergenang dan berlumpur, sehingga lebih banyak memiliki pori-pori makro untuk sirkulasi udara dan air. Tekstur tanah hutan rawa adalah liat. Dengan tekstur tersebut, hutan rawa berpotensi untuk lebih banyak menyerap bahan organik tanah.

Bulk Density

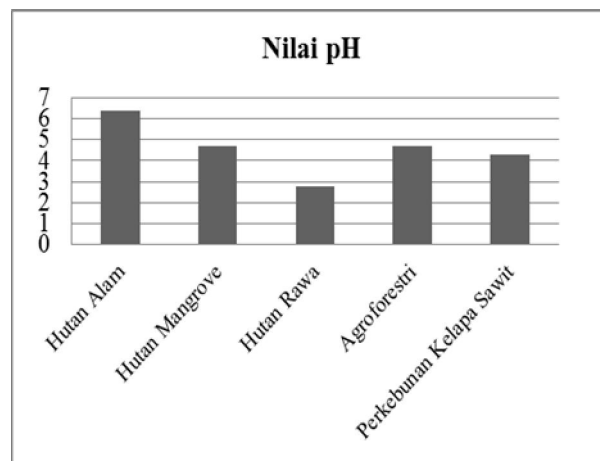
Bulk Density menunjukkan bobot massa tanah pada kondisi lapangan yang telah dikering-ovenkan per satuan volume. Dari hasil analisis dengan metode gravimetri, diketahui bahwa tanah perkebunan kelapa sawit memiliki nilai *bulk density* tertinggi yaitu sebesar 1,413 g/cm³. Artinya, perkebunan kelapa sawit memiliki tanah yang lebih padat dibandingkan dengan penutupan lahan lainnya. Keadaan tanah yang padat dapat mengganggu pertumbuhan tumbuh-tumbuhan karena akar-akarnya tidak berkembang dengan baik (Baver *et al.* 1978 dalam Purwowidodo 2003). Sedangkan nilai *bulk density* terendah berada pada hutan mangrove, yaitu sebesar 0,556 g/cm³.

Nilai *bulk density* dipengaruhi oleh tekstur tanah. Ukuran partikel-partikel yang ditunjukkan dalam tekstur tanah akan mempengaruhi nilai bobot isi tanah. Gambar 3 menunjukkan bahwa hutan mangrove memiliki nilai *bulk density* terendah. Hal ini karena partikel penyusun tanah mangrove didominasi oleh pasir. Dengan banyaknya pori-pori makro maka tanah dengan dominasi pasir akan memiliki kemampuan menahan air yang sangat rendah, sehingga kerapatan tanahnya rendah. Selain itu, tanah tersebut akan mudah mengalami pencucian.



Gambar 3. Grafik Nilai Bulk Density pada Beberapa Penutupan Lahan

Derajat kemasaman tanah (pH)

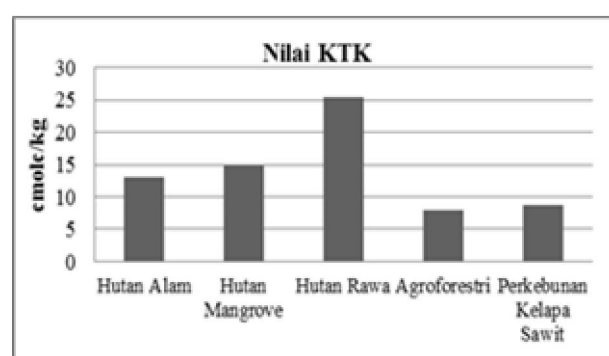


Gambar 4. Grafik nilai pH pada beberapa penutupan lahan

Hutan alam memiliki derajat kemasaman (pH) tertinggi, sedangkan nilai pH terendah terdapat pada hutan rawa, yaitu dengan nilai pH hutan alam sebesar 6,4 dan 2,8 untuk hutan rawa seperti yang tertera pada Gambar 4. Menurut Pusat Penelitian Tanah (1983) dalam Djaenuddin *et al.* (1994) tanah dengan nilai pH < 4,5 merupakan tanah yang sangat masam, 4,5 -5,5 merupakan tanah yang masam, dan 5,6 – 6,5 tergolong tanah yang agak asam. Dengan demikian, tanah hutan alam tergolong agak asam. Tanah yang tergolong masam adalah hutan mangrove dan lahan agroforestri. Sedangkan tanah hutan rawa dan perkebunan kelapa sawit tergolong ke dalam tanah yang sangat masam.

Nilai pH akan mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah. Unsur hara akan optimal pada pH yang cenderung netral. Reaksi tanah masam dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi yang mengakibatkan basa-basa (Ca dan Mg) mudah tercuci (Supardi 1983). Hutan rawa dengan lahan yang tergenang akan mengakibatkan proses pencucian tanah semakin tinggi. Pencucian basa-basa akan digantikan oleh unsur Al, Fe, dan Mn dalam jumlah berlebihan akan meracuni tanaman. Selain itu, komposisi tanah hutan rawa yang didominasi oleh liat akan mengakibatkan unsur-unsur toksik tersebut dijerap kuat di dalam tanah.

KTK



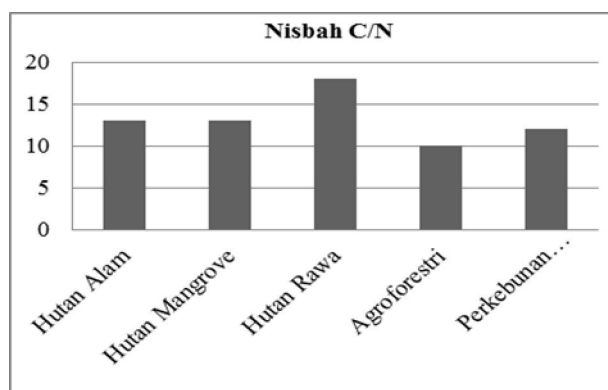
Gambar 5. Grafik nilai KTK pada beberapa penutupan lahan

Berdasarkan hasil analisa tanah yang telah dilakukan diketahui bahwa hutan rawa memiliki KTK tanah yang tertinggi yaitu sebesar 25,47 cmolc/kg, sedangkan KTK tanah terendah adalah pada lahan agroforestri yaitu 7,93 cmolc/kg seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan kriteria penilaian sifat-sifat kimia-tanah Pusat Penelitian Tanah (1983) dalam Djaenuddin *et al.* (1994) nilai KTK 25-40 cmolc/kg KTK pada hutan alam tergolong tinggi, sedangkan KTK pada penutupan lahan lainnya tergolong rendah dengan nilai KTK antara 5-16 cmolc/kg.

Jenis partikel tanah akan berpengaruh terhadap pertukaran kation-kation dalam tanah. Hutan rawa dengan tekstur tanah liat memiliki nilai KTK terbesar. Tanah yang didominasi oleh partikel liat akan memiliki kemampuan menjarap kation-kation lebih banyak, karena partikel liat memiliki lebih banyak pori-pori mikro tempat berlangsungnya pertukaran kation-kation tanah. Sedangkan pada partikel pasir, pertukaran kation akan sulit terjadi. Selain itu, besarnya KTK juga dipengaruhi oleh kandungan bahan organik yang tersimpan lebih banyak pada hutan rawa. Semakin tinggi nilai KTK maka serapan kation-kation hara akan semakin meningkat.

Nisbah C/N

Nisbah C/N menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan bahan organik tanah (Parr 1978 dalam Hanafiah 2005). Nisbah C/N merupakan indikator yang menunjukkan proses mineralisasi dan immobilisasi nitrogen oleh mikroba dekomposer bahan organik. Dari hasil analisis terhadap kandungan karbon (C) dan nitrogen (N) pada sampel tanah masing-masing penutupan lahan, diperoleh perbandingan nisbah C/N seperti yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nisbah C/N pada beberapa penutupan lahan

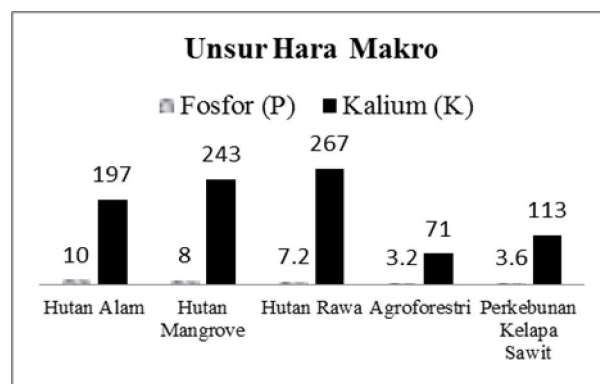
Dari Gambar 6 diketahui bahwa nisbah C/N terbesar adalah pada hutan rawa, yaitu sebesar 18 dan tergolong tinggi. Hutan alam, hutan mangrove, dan perkebunan kelapa sawit tergolong ke dalam kelas sedang, yaitu masing-masing sebesar 13 untuk hutan alam dan hutan mangrove dan sebesar 12 untuk perkebunan kelapa sawit. Sedangkan untuk agroforestri tergolong ke dalam kelas rendah dengan nisbah C/N sebesar 10 (Pusat Penelitian Tanah 1983 dalam Djaenuddin *et al.* 1994). Apabila nisbah C/N lebih kecil dari 20 menunjukkan terjadinya mineralisasi N, apabila lebih besar dari 30

artinya terjadi immobilisasi N, sedangkan jika di antara 20-30 berarti mineralisasi seimbang dengan immobilisasi (Tisdale dan Nelson 1975 dalam Hanafiah 2005).

Nisbah C/N dapat digunakan sebagai petunjuk kemungkinan terjadinya kekurangan nitrogen dan persaingan di antara mikroba-mikroba dan tanaman tingkat tinggi dalam penggunaan nitrogen yang tersedia dalam tanah. Ratio C/N yang rendah mengindikasikan bahwa tanah tersebut memiliki kandungan nitrogen yang lebih banyak, sedangkan ratio C/N yang tinggi menunjukkan kandungan nitrogen yang rendah. Hal ini akan menyebabkan timbulnya persaingan dalam memperoleh nitrogen tersedia dalam tanah antara mikroba dengan tanaman. Meskipun hutan rawa memiliki nisbah C/N tertinggi, tanah hutan rawa juga mempunyai kandungan nitrogen yang lebih tinggi selain karena kandungan karbon (C) hutan rawa juga tinggi. Tanah pada lahan agroforestri memiliki kandungan karbon dan nitrogen yang lebih rendah dibandingkan penutupan lahan lainnya, sehingga nisbah C/N nya juga rendah. Tanah dengan nisbah C/N tinggi memerlukan penambahan unsur hara agar tidak terjadi defisiensi hara khususnya nitrogen.

Unsur Hara Makro

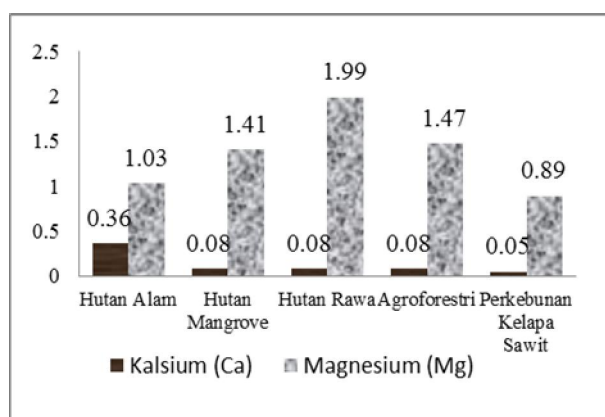
Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa kandungan fosfor (P) terbesar berada pada hutan alam, yaitu sebesar 10 ppm, sedangkan kandungan P terendah berada pada lahan agroforestri, yaitu sebesar 3,2 ppm. Kandungan P pada masing-masing penutupan lahan tergolong sangat rendah, kecuali pada hutan alam yang tergolong rendah (Pusat Penelitian Bogor 1983 dalam Djaenuddin *et al.* 1994). Kekurangan fosfor (P) pada tanah disebabkan oleh proses pencucian tanah, erosi, dan terangkut oleh tanaman. Fosfor berperan penting dalam penyusunan ATP dan protein, metabolisme sel, dan merangsang perakaran tanaman (Munawar 2011).



Gambar 7. Grafik Kandungan Fosfor (P) dan Kalium (K)

Gambar 8 menunjukkan bahwa kandungan kalium (K) terbesar terdapat pada hutan rawa, yaitu sebesar 267 ppm dan kalium terendah berada pada lahan agroforestri, yaitu sebesar 71 ppm. Kalium berfungsi sebagai aktivator enzim dalam fotosintesis dan respirasi, serta berperan dalam proses buka-tutup stomata (Hanafiah 2005).

Hutan rawa memiliki kandungan magnesium (Mg) terbanyak, sedangkan kandungan magnesium (Mg) terendah terdapat pada perkebunan kelapa sawit. Masing-masing penutupan lahan mengandung magnesium sebesar 1,99% untuk hutan rawa, 1,41% pada hutan mangrove, 1,03% pada hutan alam, 1,47% pada lahan agroforestri, dan sebesar 0,89% untuk perkebunan kelapa sawit (Gambar 7). Persentase magnesium (Mg) dalam tanah organik biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral (Supardi 1979). Kalsium merupakan komponen struktural dinding sel tanaman sehingga mempengaruhi permeabilitas membrane sitoplasma terutama pada akar (Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi 1991).



Gambar 8. Grafik kandungan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg)

Dari Gambar 8 diketahui bahwa kandungan hara kalsium (Ca) tertinggi terdapat pada hutan alam yaitu sebesar 0,36%, sedangkan kandungan kalsium (Ca) terendah terdapat pada perkebunan kelapa sawit yaitu sebesar 0,05%. Hutan mangrove, hutan rawa, dan lahan agroforestri memiliki kandungan kalsium yang sama, yaitu sebesar 0,08%. magnesium merupakan unsur yang menyusun molekul klorofil dan aktivator enzim dalam fotosintesis, respirasi dan sintesis DNA/RNA, serta sebagai pemicu penyediaan energi kimia dari ATP (Hanafiah 2005).

Secara umum ketersediaan hara makro dalam tanah dipengaruhi oleh ukuran partikel tanah atau tekstur tanah, pH, KTK, dan bahan organik. Tekstur tanah berpengaruh terhadap kemampuan tanah untuk menyerap hara di dalam tanah. Tanah liat dengan ukuran pori mikro memberikan ruang yang lebih banyak untuk menyerap hara. Kondisi tersebut berbanding lurus dengan KTK tanah. Semakin banyak pori mikro maka kemampuan untuk menyerap dan mempertukarkan kation-kation semakin besar. Unsur hara berperan secara langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Hara makro yang paling dibutuhkan oleh tanaman adalah nitrogen, kalium, dan fosfor.

Kesuburan suatu lahan dipengaruhi oleh kandungan hara makro yang tersedia di dalam tanah. Hutan rawa memiliki kandungan unsur hara makro yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan penutupan lahan lainnya. Perkebunan kelapa sawit dan lahan agroforestri memiliki tingkat kesuburan tanah yang lebih rendah. Hal ini dimungkinkan karena kegiatan pengelolaan

lahan yang dilakukan yang menyebabkan perubahan terhadap sifat-sifat tanahnya. Pemberian pupuk kimia secara rutin dan berlebihan akan sangat berpengaruh terhadap perubahan tersebut. Khususnya pada perkebunan kelapa sawit, pemupukan dilakukan secara lebih intensif untuk meningkatkan produksi buahnya. Selain itu, pada perkebunan kelapa sawit kandungan bahan organik yang berasal dari serasah ataupun tumbuhan bawahnya sangat rendah.

Uji Korelasi Sifat Fisik dan Kimia Tanah terhadap Karbon Tersimpan

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa sifat kimia tanah, yaitu KTK, pH, nisbah C/N, fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan Magnesium (Mg) berkorelasi positif terhadap jumlah karbon tersimpan. Artinya semakin tinggi nilai-nilai sifat kimia tanah, maka nilai karbon tersimpan semakin tinggi dan sebaliknya. Berdasarkan Tabel 12, korelasi *bulk density* terhadap karbon tersimpan menunjukkan korelasi negatif, artinya setiap kenaikan nilai *bulk density* akan menurunkan jumlah simpanan karbon.

Tabel 5. Hasil uji korelasi sifat fisik dan kimia tanah terhadap karbon tersimpan.

Parameter	Koefisien Korelasi
Bulk Density	-(0.834)
pH	0.097
KTK	0.418
Nisbah C/N	0.221
P	0.576
K	0.404
Ca	0.221
Mg	0.568

Kekuatan korelasi digolongkan ke dalam korelasi lemah jika koefisien korelasinya bernilai kurang dari 0,25, cukup jika koefisien korelasinya bernilai 0,26 – 0,5, kuat jika bernilai 0,6 – 0,75, dan sangat kuat jika bernilai 0,76 – 0,99. Berdasarkan hasil analisis korelasi yang dilakukan nilai korelasi pH terhadap karbon tersimpan adalah sebesar 0,097 dengan kekuatan korelasi yang sangat lemah, berbeda dengan *bulk density* yang memiliki kekuatan korelasi sangat kuat dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,834. Korelasi KTK terhadap karbon tersimpan adalah sebesar 0.418 dengan kekuatan korelasi cukup. Korelasi nisbah C/N dan kalsium (Ca) terhadap karbon tersimpan memiliki nilai koefisien korelasi yang sama, yaitu sebesar 0,221 dengan kekuatan korelasi yang lemah. Koefisien yang tergolong kuat ditunjukkan oleh korelasi fosfor (P) dan magnesium (Mg) terhadap karbon tersimpan, dengan nilai koefisien korelasinya adalah 0,576 dan 0,568. Sedangkan korelasi kalium (K) terhadap karbon tersimpan adalah sebesar 0,404 dengan kekuatan korelasi cukup.

Sifat fisik dan kimia tanah mempengaruhi simpanan karbon pada suatu penutupan lahan. Meningkatnya nilai-nilai sifat kimia tanah, yaitu pH, KTK, nisbah C/N, dan kandungan fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium

dapat meningkatkan jumlah simpanan karbon. Akan tetapi peningkatan *bulk density* akan menurunkan jumlah simpanan karbon. Sifat fisik dan kimia akan menentukan tingkat kesuburan tanah suatu penutupan lahan. Kesuburan tanah berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Peningkatan dimensi pohon melalui diameter dan tinggi pohon akan meningkatkan jumlah simpanan karbonnya.

Hasil analisis korelasi pada semua parameter sifat fisik dan sifat kimia tanah terhadap simpanan karbon menghasilkan nilai korelasi tidak signifikan. Hal ini dikarenakan nilai t_{hit} kurang dari $t_{\alpha=0,05}$ ataupun $t_{\alpha=0,01}$. Artinya antara sifat fisik-kimia tanah dan simpanan karbon tidak mempunyai korelasi yang signifikan, atau dapat dikatakan bahwa sifat fisik dan sifat kimia tanah tidak mempengaruhi jumlah simpanan karbon. Hal ini dimungkinkan karena jumlah data yang diuji kurang mencukupi sehingga kurang mewakili parameter yang diuji. Selain itu, data relatif seragam sehingga sebaran data tidak mengikuti distribusi kurva normal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kabupaten Paser didominasi oleh hutan, yaitu dengan luas 915.907 ha atau sebesar 79,03% dari luas wilayah. Hutan sekunder merupakan penutupan lahan terluas, yaitu seluas 474.788,19 ha atau sekitar 43,8% dari luas wilayah. Sedangkan penutupan lahan terendah adalah sawah, yaitu seluas 1.418,30 ha.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa setiap penutupan lahan memiliki jumlah simpanan karbon yang berbeda-beda. Hutan mangrove memiliki simpanan karbon yang lebih besar dibandingkan penutupan lahan lainnya, yaitu sebesar 51,86 ton/ha. Sedangkan simpanan karbon terendah terdapat pada perkebunan kelapa sawit, yaitu 0,06 ton/ha. Jumlah simpanan karbon tersebut dipengaruhi oleh kerapatan pohon, jenis pohon, umur, dan faktor lingkungan yang berupa kesuburan tanah.

Meningkatnya nilai-nilai sifat kimia tanah akan diikuti dengan peningkatan simpanan karbon. Berbeda dengan nilai *bulk density*, meningkatnya nilai *bulk density* akan mengurangi jumlah simpanan karbon. Hutan rawa cenderung lebih subur dibandingkan penutupan lahan lainnya. Sedangkan perkebunan kelapa sawit dan lahan agroforestri memiliki tingkat kesuburan tanah yang paling rendah.

Saran

1. Perlu dilakukan pendugaan jumlah simpanan karbon pada penutupan lahan yang lain.
2. Pendugaan simpanan karbon tidak hanya dilakukan melalui pendekatan dimensi pohon, tetapi juga terhadap karakteristik lahannya.
3. Perlu dilakukan Pendugaan simpanan karbon berdasarkan karakteristik fisik lahan lainnya, misalnya topografi dan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Djaenuddin D, Basuni, Hardjowigeno S, Subagyo H, Sukardi M, Marsudi I, Suharta N, Hakim L, Widagjo, Dai J, Suwandi V, Bachri S, Jordens ER. 1994. *Laporan Teknis (Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Pertanian dan Tanaman Kehutanan)*. Bogor : Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Hairiah K, Jaya A, Muslihat L, Murdiyanto D, Rosalia U, Suryadiputra INN. 2004. *PETUNJUK LAPANGAN (Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut)*. Bogor : Wetlands International-Indonesia Programme.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Penggunaan Lahan*. Bogor : World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia.
- Hairiah K, Sari RR, Rahayu S, Ekadinata A. 2011. *Pendugaan Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan*. Bogor : World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia.
- Hanafiah KA. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Masripatin N, Ginaga K, Wibowo A, Dharmawan WS, Siregar CA, Lugina M, Indartik, Wulandari W, Subekti B, Apriyanto D *et al.* 2010. *Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- _____. 2010. *Pedoman Pengukuran Karbon untuk Mendukung Penerapan REDD+ di Indonesia*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Iklim dan Kebijakan.
- Purwowidodo. 2003. *Panduan Praktikum Ilmu Tanah Hutan (MENGENAL TANAH)*. Bogor : Laboratorium Pengaruh Hutan, Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.
- Sarief S. 1985. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Bandung : Pustaka Buana.
- Supardi G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Bogor : IPB Press.
- Sutaryo D. 2009. *Penghitungan Biomassa (Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon)*. Bogor : Wetlands International Indonesia Programme.
- Walpole R. 1992. *Pengantar Statistik (Edisi Ketiga)*. Sumantri B, Penerjemah. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari : *Introduction to Statistics 3rd Edition*.